

# ABSTRACT OF JAPANESE PATENT

(11)Examined Publication No. :

H05-75485

(44)Date of examined publication of application : Oct. 20, 1993

---

(51)Int.CI.

B21B 37/12

B21B 17/02

---

(21)Application number : S59-208897

(71)Applicant : Kawasaki Steel corp.,  
Ishikawajima Harima  
Heavy Ind. co. Ltd

(22)Date of filing : Oct.4, 1984

(72)Inventor : IMAE TOSHIO  
YAMAMOTO KENICHI  
SEKI TAKESHI  
TAKAHASHI YOSHIO

(11)Unexamined Publication S61-86020

Number.:

(43)Date of Unexamined May 1,1986

Publication:

---

(54) METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING ROLLING REDUCTION OF MANDREL MILL

(57)PURPOSE: To reduce the number of holding mandrel bars and thickness deviation by providing an independent rolling reduction device respectively on the right and left of a pair of the upper and lower rolls, also by performing non-symmetrical control with arranging a rolling reduction position detector on each rolling reduction device.

CONSTITUTION: A shell is rolled by a pair of rolls and mandrel bar 4, and the thickness of a pipe stock is adjusted by four pieces of hydraulic cylinders. The hydraulic cylinder is equipped with a displacement gage to detect the position of a ram and a load cell to measure a rolling load and the respective signal is transmitted to a rolling reduction controlling circuit. The roll gap of upper and lower rolls is set with inputting from a computing device incorporating the set program to the circuit, which controls the pressure of the cylinder by transmitting a signal to a servo valve. In this way four pieces of cylinders are controlled independently and the number of holding mandrel bars together with the thickness deviation can be reduced.

## ⑫ 特許公報(B2)

平5-75485

⑮ Int. Cl.

B 21 B 37/12  
17/02  
37/12

識別記号

1 1 5  
A  
B B S

庁内整理番号

8315-4E  
7819-4E

②④公告 平成5年(1993)10月20日

発明の数 2 (全15頁)

⑬発明の名称 マンドレルミルのロール圧下制御方法およびその装置

⑭特 願 昭59-208897

⑮公 開 昭61-86020

⑯出 願 昭59(1984)10月4日

⑰昭61(1986)5月1日

⑱発明者 今 江 敏 夫 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

⑲発明者 山 本 健 一 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

⑳発明者 関 剛 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社横浜第2工場内

㉑発明者 高 橋 善 生 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社横浜第2工場内

㉒出願人 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

㉓出願人 石川島播磨重工業株式会社 東京都千代田区大手町2丁目2番1号

㉔代理人 弁理士 小杉 佳男 外1名

審査官 扇 谷 高 男

1

2

## ⑳特許請求の範囲

1 マンドレルバーを挿入した管材を圧下方向を順次交互に90°位相させた対向2ロールスタンドからなるマンドレルミルにより減肉延伸するに当り、少なくとも2基以上のスタンドで、圧下方向がロール軸と圧下シリング又は圧下スクリュウの軸とを含む面内においてロール軸に垂直な方向に対して傾斜角を有するようにワークサイドとドライブサイドに相異なるしめ込み量を付与し、管材長手方向任意断面における円周方向偏肉の少ない管材を製造することを特徴とするマンドレルミルのロール圧下制御方法。

2 マンドレルバーを挿入した管材を減肉延伸する圧下方向を順次交互に90°位相させた対向2ロールスタンドからなる連続圧延機において、上下1対のロールの左右に取りつけられ、それぞれ独立して圧下量を変更できる前記圧下装置と、該各圧下装置の圧下位置を検出する検出器と、目標圧下位置と該検出器の検出した実際圧下位置との偏

差を零にするように前記各圧下装置の圧下量を演算する演算装置と、該演算した値に基づいて4個の圧下装置の圧下量をそれぞれ独立に制御可能とする制御装置とを備えたことを特徴とする管圧延装置。

## 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、マンドレルミルのロール圧下制御方法およびその装置に関し、特に同一の外径のマンドレルバーにより数水準の肉厚の管材を製造する場合、または同一の管材から長手方向に異なった肉厚の管材を製造する場合、管材長手方向任意断面における円周方向偏肉のない管材を得ることのできるロール圧下制御方法およびその装置に関する。

## 〔従来の技術〕

マンドレルミルの連続するロールスタンド列の中の特定スタンドにロール油圧圧下装置を組み込み管材の両端部分のみを薄肉に仕上げる方法が、

例えば特公昭51-43825で提案されている。また同一の外径のマンドレルバーを使用して数水準の肉厚の管材を圧延することが通常行われている。

しかしながらマンドレルミルにおいては、肉厚仕上げスタンドのロール孔型径と使用するマンドレルバー外径とより幾何学的に一水準に決定される肉厚の場合にのみ断面偏肉のない管材を得ることができ、それ以外の肉厚の管材をロール間隙の変更のみで製造する場合には、横断面偏肉の発生が不可避である。

〔発明が解決しようとする課題〕

マンドレルミルで先後端減肉制御を実施する上で最大の問題点は断面偏肉率が劣化することである。本発明は上記幾何学的に定まる肉厚以外の肉厚の管においても偏肉の少ない管材を製造することができる方法とその装置を提供することを目的とする。本発明は、同一の外径のマンドレルバーを用いて、

- (a) 内径が同一で肉厚の異なる多種類の管材を製造する場合、
  - (b) 同一の管材から長手方向に異なった肉厚、例えば管端部が薄肉の管材を製造する場合、
  - (c) 以上の(a)、(b)の組合わせ、すなわち、目標肉厚の変更と管端減肉の両方を同時に行う場合、
- 従来不可避であった横断面偏肉の発生を軽減することを目的としている。

本発明によれば種々の肉厚の管の圧延において、断面偏肉率の劣化をかなりの程度防止することができ、この技術は管圧延機のロール油圧下法において今後重要視される課題を解決するものである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は上記目的を達成するため、マンドレルバーを挿入した管材を圧下方向を順次交互に90°位相させた対向2ロールスタンドからなるマンドレルミルにより減肉延伸するに当り、少なくとも2基以上のスタンドで、圧下方向がロール軸と圧下シリンダ又は圧下スクリュウの軸とを含む面内においてロール軸に垂直な方向に対して傾斜角を有するようにワークサイドとドライブサイドに相異なるしめ込み量を付与し、管材長手方向任意断面における円周方向偏肉の少ない管材を製造することを特徴とするマンドレルミルのロール圧下制御方法である。

上記方法を好適に実施することができる本発明の装置は、上下1対のロールの左右に取りつけられそれぞれ独立して圧下量を変更できる圧下装置と、この圧下装置の圧下位置を検出する検出器と、目標圧下位置と前記検出器の検出した実際圧下位置との偏差を零にするように前記各圧下装置の圧下量を演算する演算装置と、この演算した値に基いて4個の圧下装置の圧下量をそれぞれ独立に相異なる量に制御可能な制御装置とを備えたことを特徴とする管圧延装置である。ここで、圧下位置とは、管材の長さ方向位置、肉厚などのデータを云う。

以下本発明の詳細について図面を参照しながら説明する。

第2図はマンドレルミルの圧延状態を示す模式図である。1対の孔形ロールよりなるスタンド2を7〜9基連続的に一列に配置し、マンドレルバー4を挿入した素管1をこのスタンド列の中を通過させて減肉延伸する圧延機が示されている。この圧延機では隣接するスタンド2のロール軸は互いに直交して配設され、管材3の円周方向の互いに直角な方向の肉厚をスタンド毎に交互に圧延するようになっている。

この圧延機は通常、最終スタンドでは圧下をかけず、圧延後の管材3とマンドレルバー4とが密着しないように管材3の外径を真円に成形するのみであつて、管材3の肉厚は最終スタンドより2〜4スタンド上流のスタンドで仕上げられる。例えば、8スタンドタンデムミルの場合、第5スタンドから第7スタンドまでで管材の肉厚は目標出側肉厚に等しい肉厚に圧延される。このようなスタンドを、以下、肉厚仕上げスタンドと呼ぶ。マンドレルミルにおいてはこの肉厚仕上げスタンド列で管材断面の円周方向肉厚分布が決定される。第3図aは、肉厚仕上げスタンドの正面図であり、孔形ロール2aと管材3の部分のみを拡大したものを第3図bに示す。理想的な標準条件では肉厚仕上げスタンドのロール溝底間隔Gはロール溝底孔形半径 $R_1$ の2倍に設定される。仕上げ肉厚を $t_s$ 、マンドレルバー外径を $Db$ とすれば、

$$G = Db + 2t_s = 2R_1 \quad \cdots \cdots (1)$$

の関係が成り立つ。複数基の肉厚仕上げスタンドにおいて互いに直角方向に同様の設定で圧延すれば円周方向に偏肉のない管材を製造することがで

きる。

一般に仕上げ肉厚を薄くするためには、外径の大きなマンドレルバーを使用する方法がとられており、選択マンドレルバー外径を $Db$ 、目標仕上げ肉厚を $ts$ とすれば、

$$Db = 2(R_1 - ts) \quad \cdots(2)$$

の関係が成り立つ。

しかして、目標肉厚の微小変更や、管材長手方向の肉厚変更に対しては、上下ロールの溝底間隔 $G$ を変更して対応している。この場合複数基の肉厚仕上げスタンドにおいて互いに管材の円周方向で直角をなす位置を同様の設定で圧延しても、管材円周方向に必然的に偏肉が発生する。

第4図aおよびbはロール間隔変更起因する偏肉発生の様子を模式的に示した説明図で、aは標準圧下設定時の状態を示し、bはロール間隔しめ込み時の状態である。ロール孔型溝底曲率半径を $R_1$ 、使用しているマンドレルバー外径を $Db$ とすると、圧延ロール溝底間隔 $G$ が

$$G = 2R_1 \quad \cdots(3)$$

となる標準圧下設定のときのみ、円周方向に均一な肉厚 $ts$ の管材が得られる。ここに $ts$ は、

$$ts = (G - Db) / 2 \quad \cdots(4)$$

である。

ここでロール間隔をしめ込んでb図に示すようにロール溝底間隔を $G_a$ とすると溝底中央部分の肉厚 $t$ は、

$$t = (G_a - Db) / 2 \quad \cdots(5)$$

となる。この場合肉厚 $t$ はロール孔形の各位置で異なる値となり、ロール孔形の各位置を孔形溝底中央を起点とし溝底曲率半径中心からの角度 $\theta$ で定義すれば、一般に管材肉厚 $T$ は、  
 $T = R_1 - (2R_1 - G_a) / 2 \cos \theta - Db / 2 \quad \cdots(6)$   
 となり、 $T$ は $\theta$ の関数となる。

従来のロール間隔の変更方法は上下ロールの左右の圧下しめ込み量を等しくして上下左右にロールをしめ込んでいたもので、隣接する2基の肉厚仕上げスタンドを通過して出てきた管材断面の肉厚分布は第5図の仕上り管の代表例に示すように、2軸性または4軸性のかなり大きな偏肉が見られた。第5図では、45°の方向の肉厚 $t_{45}$ が厚肉部となつてい。一般的には隣接する2基のロールの圧下しめ込み量に差があるときには45°の方向が最厚肉となるとは限らない。

本発明は上記の従来技術で発生していた管材断面偏肉を軽減するために、少なくとも2基以上のスタンドにおいて、圧下方向がロール軸と圧下シリンド又は圧下スクリーンの軸とを含む面内においてロール軸に垂直な方向に対して傾斜角を有するようにワークサイドとドライブサイドに相異なるしめ込み量を付与し、上下または左右非対称のロール圧下圧延を行う。

まず、本発明方法を好適に実施する装置として使用するロールスタンドの構成について第1図を参照しながら説明する。

油圧圧下シリンド5は、上下ロールの左右に合計4個配置されておりそれぞれ独立に圧下量を変更制御可能となつている。油圧圧下ピストンの変位は球頭ブロック7を介してロールチヨック6に伝達される。ロードセル8は圧延反力を検出する。また個々の油圧圧下シリンド5にはシリンドとピストンの変位量を検出する図示しない変位計が内蔵されている。ハウジングフレーム9はこれらを支持している。図示しない制御装置は上記4個の圧下装置の圧下量をそれぞれ独立に制御する。

次に本発明によるロール油圧圧下制御方法について述べる。ここで以下の説明に使用する変数と座標系を定義しておく。

第1図において、左右の油圧シリンド5、5の中心距離を $W(\text{mm})$ 、上ロールの球頭ブロックの頂点とロール孔形中心との距離、すなわち油圧圧下系からロールチヨックに力が作用する点とロール孔形中心までの距離を $A_1(\text{mm})$ 、同様に下ロールの油圧圧下系からの力の作用点とロール孔形中心間の距離を $A_2(\text{mm})$ とする。標準条件としてロール溝底間隔 $G$ がロール孔形直径 $2R_1$ に等しい場合の各油圧圧下シリンドとピストンの変位を0とし、かつその場合のパスセンターを原点としてロール軸に平行な方向を $x$ 軸、それと直角方向に $y$ 軸をとる座標系を定義する。ピストンの変位はロール間隔しめ込み方向を正とする。

標準条件ではロール孔形中心とパスセンターとは一致している。以下第1図の下ロールを例に挙げて説明する。標準条件に対して、下ロールのワークサイドすなわち第1図の向つて右側の油圧圧下ピストンを $\Delta S_w(\text{mm})$ 、ドライブサイドすなわち第1図の向つて左側の油圧圧下ピストンを $\Delta S_d$

7

8

(mm) 変位させると、下ロールのロール孔形中心は原点 (0, 0) から ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ) に移動する。ここに、

$$\Delta x = A_s (\Delta S_d - \Delta S_w) / W \quad \cdots (7)$$

$$\Delta y = (\Delta S_d + \Delta S_w) / 2 \quad \cdots (8)$$

なる関係が幾何学的計算により近似的に求められる。この場合ロールのしめ込み量は下ロール片側で  $\Delta S$  (mm) となる。ここに  $\Delta S$  は

$$\Delta S = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

である。圧下方向はロール幅に垂直な方向すなわち  $y$  軸に対して傾斜する。この傾斜角を  $\alpha$  とすれば、

$$\alpha = \tan^{-1}(\Delta x / \Delta y) \quad \cdots (9)*$$

$$\begin{aligned} \Delta S_d &= \frac{\Delta S (2 A_s + W \cdot \tan \alpha)}{2 A_s \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{4} \frac{W}{A_s} \cdots (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta S_w &= \frac{\Delta S (2 A_s + W \cdot \tan \alpha)}{2 A_s \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{4} \frac{W}{A_s} \cdots (13) \end{aligned} \quad 30$$

以上、第1図の下ロールの左右非対称ロール圧下方向について説明したが、同様の手法は上ロールの左右非対称ロール圧下方法に対しても適用可能である。上ロールに適用する場合第1図の座標系をそのまま使用するとすれば、

\*である。このことは、理論的にはロール油圧圧下ピストンの変位量を左右非対称とすることにより、管材円周上の任意の方向に任意の量の圧下をかけることが可能であることを示している。例えば、 $\alpha = 30$ 度、 $\Delta S = 1$  mm を達成するためには、

$$\Delta y / \Delta x = \sqrt{3} \quad \cdots (10)$$

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 1 \quad \cdots (11)$$

を満足するようにすればよく、上記(10)、(11)式に(7)、(8)式を代入してドライブサイドロール圧下しめ込み量  $\Delta S_d$  およびワークサイドロール圧下しめ込み量  $\Delta S_w$  をそれぞれ得ることができ、次の(12)、(13)式となる。

圧下方向  $\alpha = 30$ 度

しめ込み量  $\Delta S = 1$  mm

25 を達成するためのワークサイドロール圧下しめ込み量  $\Delta S_w$  およびドライブサイドロール圧下しめ込み量  $\Delta S_d$  は以下に示すとおりである。

$$\begin{aligned} \Delta S_w &= \frac{\Delta S (2 A_s + W \cdot \tan \alpha)}{2 A_s \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{4} \frac{W}{A_s} \cdots (14) \end{aligned}$$

$$\Delta S_w = \frac{\Delta S (2 A_1 + W \cdot \tan \alpha)}{2 A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{4} - \frac{W}{A_1} \dots (15)$$

第1図の座標系において一般に上下のロールの一方のしめ込み量を $\Delta S(\text{mm})$ 、しめ込み方向のロール軸に垂直な方向からの傾斜角度を $\alpha$ 、ワークサイド、ドライブサイド両点の圧下作用点間距離を $W(\text{mm})$ 、圧下作用点とロール孔形中心までの垂直距離を $A$ とすれば、ドライブサイドの圧下しめ込み量 $\Delta S_d$ およびワークサイドの圧下しめ込み量 $\Delta S_w$ は幾何学的にそれぞれ以下の如く決定される。

$$\Delta S_d = \frac{\Delta S (2 A + W \cdot \tan \alpha)}{2 A \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \dots \dots (16)$$

$$\Delta S_w = \frac{\Delta S (2 A - W \cdot \tan \alpha)}{2 A \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \dots \dots (17)$$

以上のようにして決定される $\Delta S_d$ 、 $\Delta S_w$ を制御装置に記憶させ、少なくとも2基以上の肉厚仕上スタンドの上下または左右のロール圧下を非対称に制御することによつて、しめ込み量の異なる場合、例えば同一の外径のマンドレルバーにより数水準の肉厚の管材を製造する場合、または同一の管材から長手方向に異なつた肉厚の管材を製造する場合、管材長手方向任意断面における円周方向偏肉のない管材を得ることができる。

第11図に、本発明方法のフローチャートを示した。操作盤22又は計算装置23からの圧下指令 $\Delta S_0$ が油圧圧下制御回路21に入力される。圧下指令 $\Delta S_0$ は圧下装置の初期軸心位置からどれだけ軸心位置を移動させるかを示すしめ込み量の指令値である。一方、圧下装置の位置を検出する変位計12から変位量 $\Delta S_x$ が入力される。油圧圧下制御回路21は圧下位置偏差(しめ込み量) $\Delta S = \Delta S_0 - \Delta S_x$ を演算する。しめ込み量 $\Delta S$ は圧下装置の初期軸心位置からの軸心位置の圧下方向の移動量であつて、圧下方向を正としたものである。このしめ込み量 $\Delta S$ を実現するように圧下装置の油圧サーボ弁24に与えるべき出力 $\Delta M = f(\Delta S)$ を演算し、出力 $\Delta M$ を油圧サーボ弁24に出力する。

圧下指令 $\Delta S_0$ の算出をさらに具体的に説明すると次の通りである。

#### ① 管端減肉制御の場合

第12図、第13図は管端減肉制御の圧下指令の時間経過を示すダイヤグラムで第12図は従来技術、第13図は本発明技術である。従来技術では基準しめ込み量 $S_i$ 、最大しめ込み量 $S_a$ に対して、圧下指令 $\Delta S_0$ を与えると上下ロールのドライブサイド、ワークサイド全て同じ圧下指令が与えられ、すべて第12図に示すように、 $\Delta S_i = S_a - S_i$ のしめ込み量で圧下を行う。第12図の横軸の $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ は制御開始、終了のタイミングを示している。このタイミング入側素管の長さ、圧延スケジュールなどのデータから与えられるもので、このようなデータは各素管についてたとえば圧下装置の第1スタンドに噛み込んでからの時間として記憶装置が記憶しているものである。

本発明では、上記圧下指令 $\Delta S_0$ が与えられたとき、 $\Delta S_i = S_a - S_i$ 及び圧下方向の傾き角 $\alpha$ を定め、圧下装置の上ロールのドライブサイド、ワークサイド、下ロールのドライブサイド、ワークサイドはそれぞれ第13図a、b、c、dに示すタイムチャートのようにしめ込み量を制

11

御する。図において、 $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ は制御開始、終了のタイミングであり、Sad上、Saw上、Sad下、Saw下はそれぞれ下式の通りである。

$$S_{ad上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 - W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad 5$$

$$S_{aw上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 + W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad 10$$

$$S_{ad下} = \frac{\Delta S_1 (2A_2 + W \tan \alpha)}{2A_2 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad 15$$

$$S_{aw下} = \frac{\Delta S_1 (2A_2 - W \tan \alpha)}{2A_2 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad 20$$

## ② 目標肉厚変更の場合

第14図、第15図は目標肉厚変更の場合の圧下指令の時間経過を示すダイアグラムで第14図は従来技術、第15図は本発明技術である。従来技術では基準しめ込み量 $S_i$ 、最大しめ込み量 $S_b$ に対して、圧下指令 $\Delta S_0$ を与えると上下ロールのドライブサイド、ワークサイド全てに同じ圧下指令が与えられ、すべて第14図に示すように、 $\Delta S_2 = S_b - S_i$ のしめ込み量で圧下を行う。

本発明では、上記圧下指令 $\Delta S_0$ が与えられたとき、 $\Delta S_2 = S_b - S_i$ 及び圧下方向の傾き角 $\alpha$ を定め、圧下装置の上ロールのドライブサイド、ワークサイド、下ロールのドライブサイド、ワークサイドはそれぞれ第15図a, b, c, dに示すダイアグラムのようにしめ込み量を制御する。Sad上、Saw上、Sad下、Saw下はそれぞれ下式の通りである。

$$S_{bd上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 - W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad 35$$

12

$$S_{bw上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 + W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{bd下} = \frac{\Delta S_1 (2A_2 + W \tan \alpha)}{2A_2 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{bw下} = \frac{\Delta S_1 (2A_2 - W \tan \alpha)}{2A_2 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad 40$$

## ③ 目標肉厚変更及び管端減肉制御の場合

第16図、第17図は目標肉厚変更及び管端減肉制御の圧下指令の時間経過を示すダイアグラムである。第16図の従来技術に対して、第17図は本発明技術である。従来技術では基準しめ込み量 $S_i$ 、目標肉厚変更に対するしめ込み量 $S_b$ 、最大しめ込み量 $S_c$ に対して、圧下指令 $\Delta S_0$ を与えると上下ロールのドライブサイド、ワークサイド全て同じ圧下指令が与えられ、すべて第16図に示すように、

$$\Delta S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2 = S_a + S_b$$

$$\Delta S_1 = S_c - S_b$$

$$\Delta S_2 = S_b - S_i$$

$$S_c = S_a + S_b + S_i$$

のしめ込み量で圧下を行う。第16図の横軸の $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ は制御開始、終了のタイミングである。このタイミングは入側素管の長さ、圧延スケジュールなどのデータから与えられるもので、このようなデータは各素管についてたとえば圧下装置の第1スタンドに噛み込んでからの時間として記憶装置に与えられている。

本発明では、上記圧下指令 $\Delta S_0$ が与えられたとき、 $\Delta S_1 = S_c - S_b$ 、 $\Delta S_2 = S_b - S_i$ 、 $\Delta S_3 = \Delta S_1 + \Delta S_2$ 及び圧下方向の傾き角 $\alpha$ を定め、圧下装置の上ロールのドライブサイド、ワークサイド、下ロールのドライブサイド、ワークサイドはそれぞれ第17図a, b, c, dに示すダイアグラムのようにしめ込み量を制御する。

Scd上、Sbd上、Scw上、Sbw上、Scd下、Sbd下、Scw下、Sbw下はそれぞれ下式の通りである。

13

$$S_{cd上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 - W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{bd上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 - W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{cw上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 + W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{bw上} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 + W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{cd下} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 + W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{bd下} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 + W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{cw下} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 - W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$S_{bw下} = \frac{\Delta S_1 (2A_1 - W \tan \alpha)}{2A_1 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

#### 〔制御方法の実施例〕

##### 実施例 1

以下本発明によるマンドレルミルにおけるロール圧下制御方法の実施例とその効果について述べる。

外径：φ90.0mm、

肉厚：8.0mm、

長さ：2.0m

の断面偏肉のない素管を、

外径：φ74.0mm、

肉厚：3.0~4.0mm、

長さ：約5m

14

の管材に、5スタンドテストミルで圧延した。使用したマンドレルバーの外径はφ66.0mm—水準である。

本発明に係る非対称ロール圧下機構を設けたスタンドの正面図を第6図に示した。このスタンドはテストミルの第3番目と第5番目のスタンドに配置した。本実施例では上下ロールの左右に合計4個の各個独立制御可能な油圧圧下シリンダ5を装着し、上下左右非対称にロール圧下制御可能とした。なお図示しない第4番目のスタンドには従来型の上下左右対称の電動スクリー圧下機構を組み込んでいる。第3番目から第5番目までの各スタンドのロールカリバ孔形径は一律φ74mmである。なおこのテストミルにおいて各スタンドのロール軸は水平面に対して45度傾斜して配置されており、隣接するスタンド間ではパスラインを軸にロール軸は90度回転させて配置されている。すなわち、いわゆるX配置ミルとなっている。各スタンドのロール圧下作用点間距離Wはパスセンタを中心に320mmであり、上ロール圧下作用点とロール孔形中心までの距離A<sub>1</sub>は347.5mm、下ロール圧下作用点とロール孔形中心までの距離A<sub>2</sub>は287.5mmとなっている。

本発明による左右非対称圧下を#3、#5スタンドで圧下方向角度を30°、-30°に変更して圧延した例（条件3）を、標準設定条件（条件1）、従来の左右対称圧延法（条件2）と比較して第1表に示した。第1表中、圧下方向角度αの定義はミル出側より見て時計回りの方向を正とし、ロール軸に直交する方向を0としている。

本実施例では圧延荷重の変動によるミルスプリングバック量の変動が圧延材の肉厚に変動を及ぼすのを避けるため、ミルスプリングバック量に見合う分量だけ圧下しめ込み量を補正している。また実施条件によつて出側の管材が長さが異なるので、それぞれの管材の先端後端から100mmの位置での断面肉厚分布を測定した。その測定結果を第7図a、b、cにそれぞれに示す。この結果から本発明によるマンドレルミルにおけるロール非対称圧下法によれば従来のロール圧下法と比較して管材断面の偏肉量が少なくなることが明らかである。



15

第 1 表

制御因子	ロール圧下量片側 $\Delta S_{mm}$			圧下方向角度 $\alpha$		
	#3	#4	#5	#3	#4	#5
条件 1	0	0	0	0	0	0
// 2	1	1	1	0	0	0
// 3	1	1	1	30°	0	-30°
// 4	0→1	0→1	0→1	30°	0	-30°

## 備考

条件1:標準設定条件

条件2:従来の左右対称圧下法

条件3:本発明による左右非対称圧下#3、#5  
スタンドで実施条件4:本発明による左右非対称圧下を管材  
長手方向に段階的に実施

## 実施例 2

実施例 1 と同じ素管を同一装置、同一マンドレ  
ルバーを用いて、外径 一端側 $\phi 90.0mm$ 他端側 $\phi 74.0mm$ 

肉厚 3.0~4.0mm

長さ 約 5m

の外径が変化する管材に圧延した。

第 1 表中に、本発明による左右非対称圧下を管  
材長手方向に段階的に実施した例（条件 4）を併  
記した。第 7 図 d に管材の先端、後端から 100mm の位置  
での断面肉厚分布を示した。本発明によるマンド  
レルミルにおけるロール非対称圧下法によれば従  
来のロール圧下法と比較して管材断面の偏肉量が  
少ない。

## 〔圧延装置の実施例〕

次に本発明の圧延装置の実施例について述べ  
る。第 8 図、第 9 図は油圧圧下装置を適用したマ  
ンドレルミルであり、1 対のロール 2 a とマンド  
レルレバー 4 によりシエルが圧延され、管材 3 の  
肉厚は 4 個のシリンダ 5 によつて調整される。油  
圧シリンダ 5 はラム 1 1 の位置を検出する変位計  
1 2（例えば商品名マグネスケール等）および圧  
延荷重を測るロードセル 8 を具備し、これらの信  
号は油圧圧下制御回路 2 1 に送られる。上下ロー  
ルのロールギャップは操作盤 2 2 を主動で運転す

16

るかまたは設定プログラムを内蔵する計算装置 2  
3 からギャップ信号を油圧圧下制御回路 2 1 へ送  
ることにより設定される。制御回路はギャップ制御信号を油圧サーボ弁 2  
5 4 に送ることによりサーボ弁 2 4 を経て油圧シリ  
ンダ 5 の圧力が制御されロールギャップが開閉さ  
れる。油圧シリンダ 5、変位計 1 2、油圧サーボ  
弁 2 4、油圧圧下制御回路 2 1、ラム 1 1、ロー  
ドセル 8 の組み合わせを一式とし、上下ロール各  
10 左右に合計 4 式を装着している。この装置によつ  
て 4 個の油圧シリンダ 5 は独立に作動が可能とな  
り管の偏肉を修正することができる。第 10 図は電動圧下と油圧圧下を併用した装置  
の例である。1 対のロール 2 a は圧下スクリュ  
ーナット 3 1 およびウオームホイール 3 2 を主体に  
して成る電動圧下装置と油圧圧下シリンダ 5 によ  
つてロールギャップが設定される。電動圧下は電  
動機 3 4 に結合されたパルス発信器 3 3 によつて  
検出する。4 式の電動圧下装置はイコライザを介  
して機械的に接続されており、同一の作動をす  
る。一方 4 式の油圧圧下装置は各油圧シリンダご  
とに図示されない位置検出機を備え、独立の作動  
をする。従つて、ロールギャップは先ず電動圧下  
装置により等しく設定され、次に図示されていな  
い油圧圧下制御装置の信号によつて 4 個の油圧圧  
下シリンダが各個独立に調整されるので、ロール  
は上下左右独立に非対称な位置で制御することが  
できる。

## 〔発明の効果〕

本発明によれば次の効果が得られる。

- (1) 保有すべきマンドレルバーの外径ピッチを粗  
くできるのでマンドレルバーの保有本数を大幅  
に削減することができる。
- (2) 長手方向に肉厚勾配を有する管材を従来より  
も断面偏肉を少なくして圧延することができる。

## 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の説明図、第 2 図はマンドレル  
ミルの圧延状態を示す模式図、第 3 図 a は肉厚仕  
上げスタンドの正面図、第 3 図 b はその部分拡大  
図、第 4 図は偏肉発生を説明するものでロールの  
部分の管断面図、第 5 図は仕上り管の肉厚分布を  
示す管断面図、第 6 図は実施例のスタンドの正面  
図、第 7 図は管断面の肉厚部分を示すグラフ、第

17

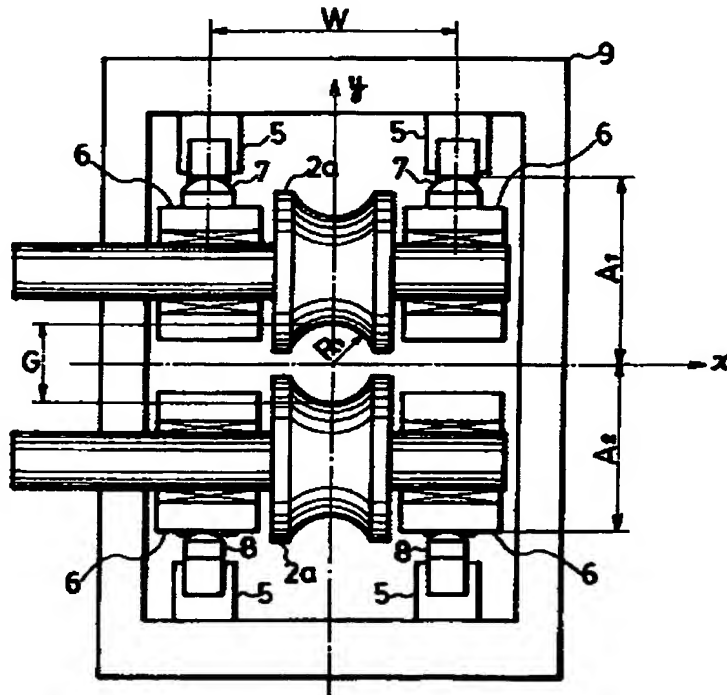
18

8図は実施例のスタンドの正面図と制御ブロックを併記した説明図、第9図はそのスタンドの側面図、第10図は別の実施例の正面図、第11図は本発明方法のフローチャート、第12図は従来の管端減肉制御のダイヤグラム、第13図は本発明の管端減肉制御のダイヤグラム、第14図は従来の目標肉厚変更の場合のダイヤグラム、第15図は本発明の目標肉厚変更の場合のダイヤグラム、第16図は従来の目標肉厚変更及び管端減肉制御のダイヤグラム、第17図は本発明の目標肉厚変更

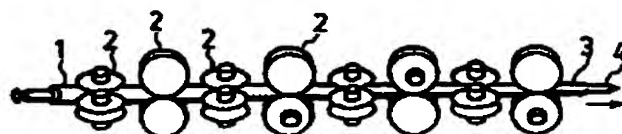
更及び管段減肉制御のダイヤグラムである。

1……素管、2……ロールスタンド、2a……孔形ロール、3……管材、4……マンドレルバー、5……油圧圧下シリンダ、6……ロールチョック、7……球頭ブロック、8……ロードセル、9……ハウジングフレーム、11……ラム、12……変位計、31……圧下スクリーナット、32……ウォームホイール、33……パルス発信器、34……電動機、35……イコライザ。

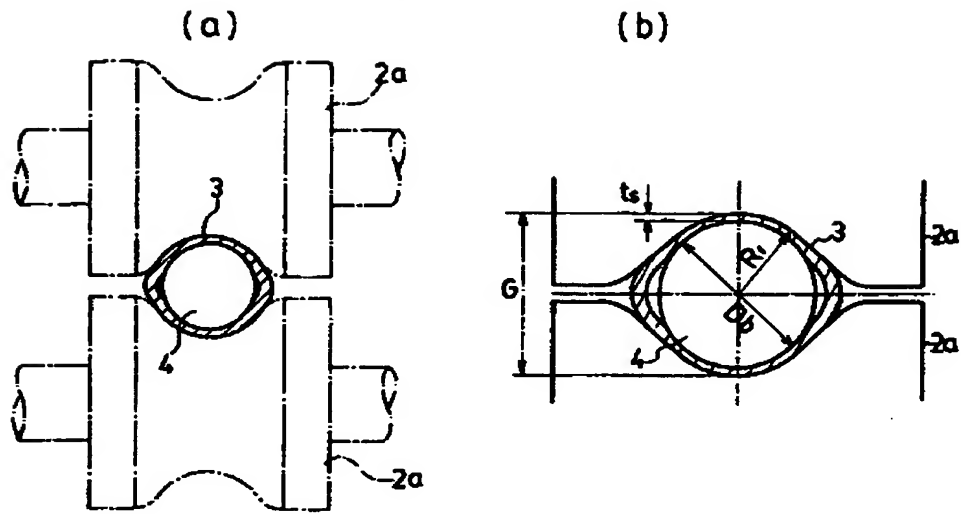
第1図



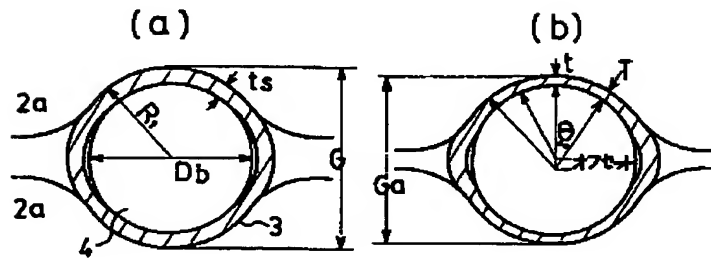
第2図



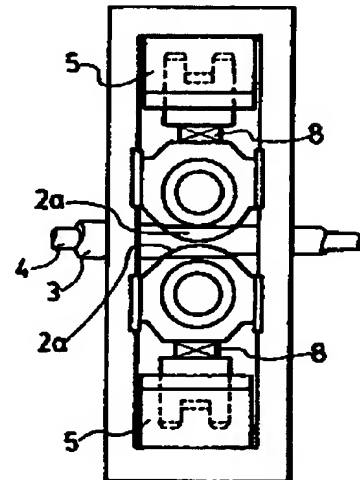
第3図



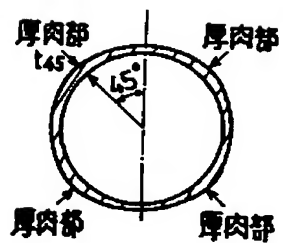
第4図



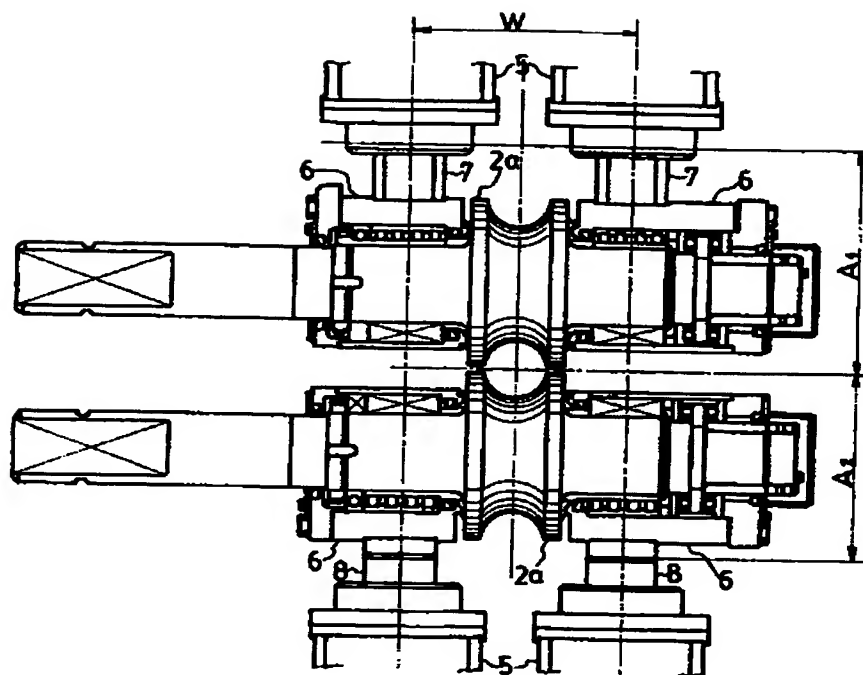
第9図



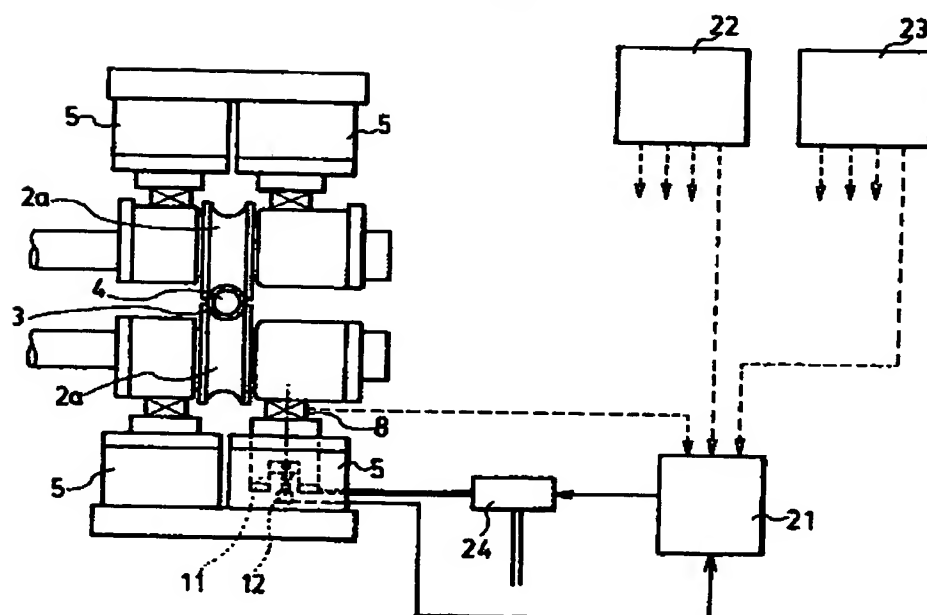
第5図



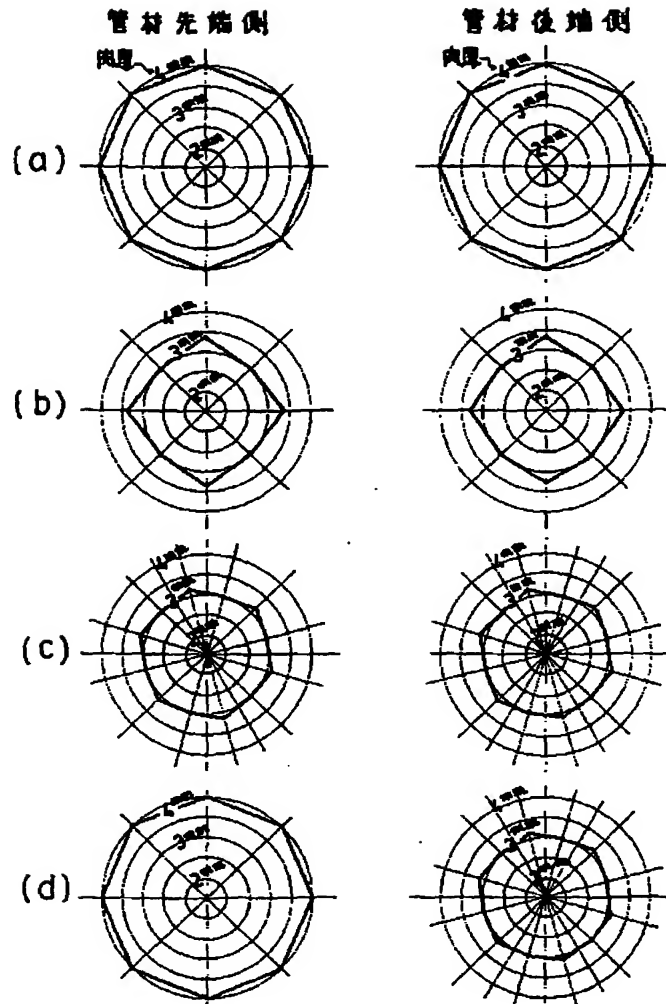
第 6 図



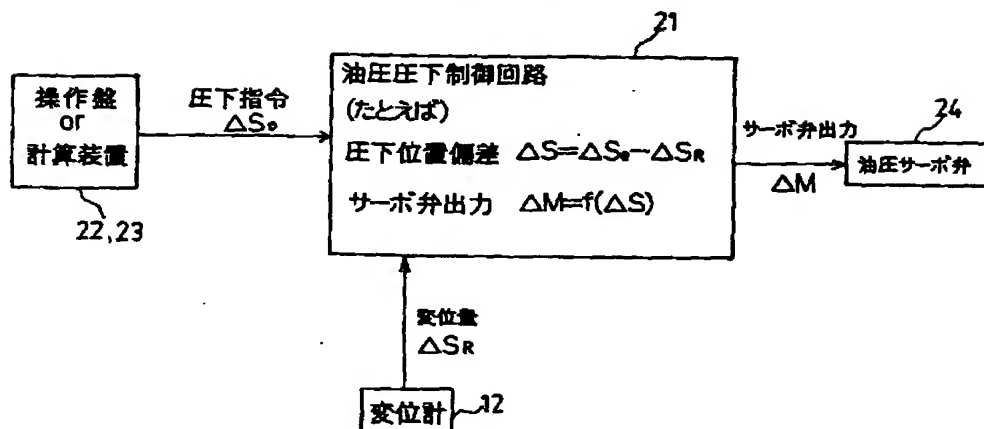
第 8 図



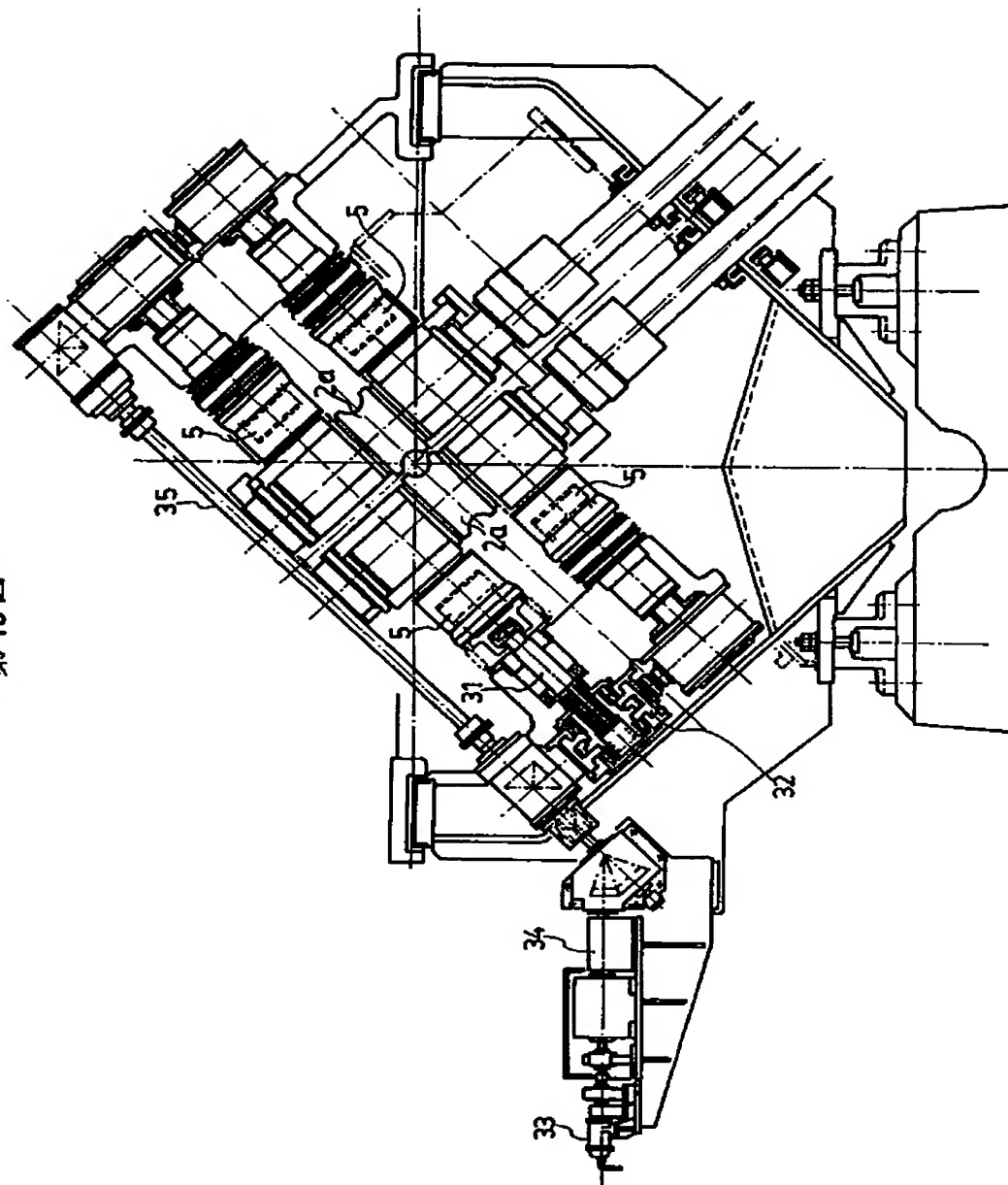
第7図



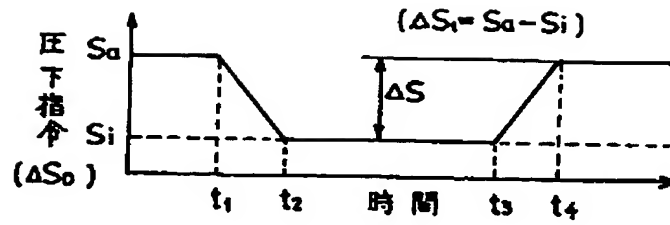
第11図



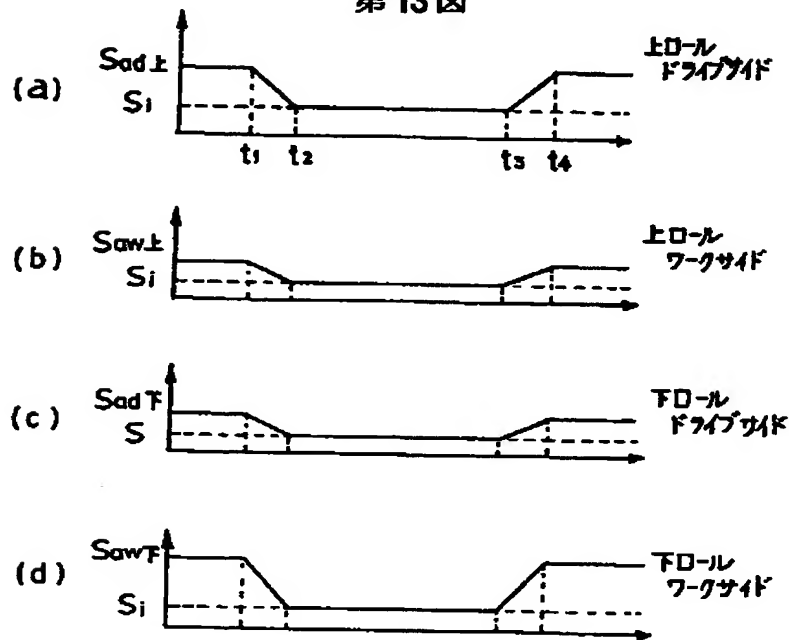
第10图



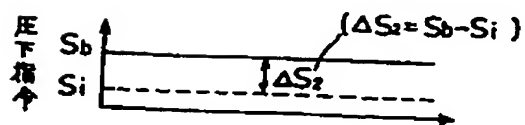
第12図



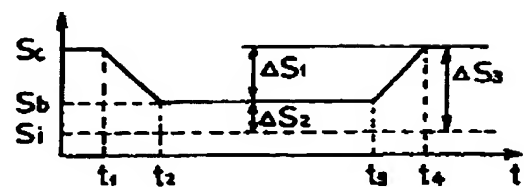
第13図



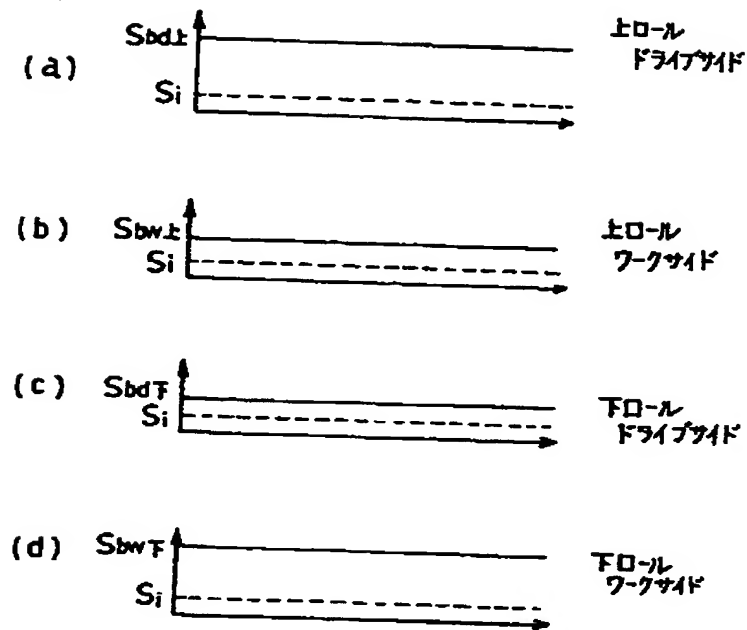
第14図



第16図



第 15 図



第 17 図

